

- Писарева - на 17,4 %, зниження значення індекса Rassel на 26,8 %.

Через 1 год тенденція зберігалась, що демонструє високу ефективність запропонованої методики шинювання в комплексній терапії захворювань пародонта.

### Список літератури

1. Павленко О. В. Лікувально-реабілітаційні заходи у хворих на генералізований пародонтит / О. В. Павленко, І. П. Мазур // Новини стоматології. – 2003. – № 2. – С. 4–8.

2. Акулович А. В. Современные методики шинювання подвижних зубів в комплексном лечении пародонта / А. В. Акулович, Л. Ю. Орехова // Новое в стоматологии, 1999. – № 4. – С. 25–31.

3. Бусло А. М. Підходи до патогенетичного лікування генералізованого пародонтиту (огляд літератури) / А. М. Бусло, Ю. І. Силенко // Укр. стоматологічний альманах. – 2001. – №5. – С. 75–77.

4. Белоклицкая Г. Ф. Шинювання подвижних зубів и восстановление включенных дефектов зубных рядов в комплексном лечении генерализованного пародонтита / Г. Ф. Белоклицкая, О. В. Лузина // Совр. стоматология, 2004. – № 2. – С. 64–65.

5. Патент 18453 Україна, МПК (2006) А61С 08/02. – Спосіб шинювання зубів при пародонтиті / С. В. Гризодуб, В. І. Гризодуб, В. І. Бок; заявник та патентовласник Харківська мед. академія післядипл. освіти – № u2009 04411 ; заяв. 19.04.2006 ; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11. – 3 с.

Поступила 04.01.11



УДК 616.716.1.001.57+616.314-089-843

*Є. І. Семенов, к. мед. н.,  
М. Г. Сур'янінов, д. тех. н.*

ДУ «Інститут стоматології АМН України»  
Одеський національний політехнічний університет

### МОДЕЛЮВАННЯ ФРОНТАЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ВЕРХНЬОЇ ЩЕЛЕПИ ІЗ ЗУБАМИ Й ШТУЧНИМ ВКЛЮЧЕННЯМ (ВНУТРІШНЬОКІСТКОВИЙ ЦИЛІНДРИЧНИЙ ІМПЛАНТАТ) У ПРОГРАМІ ANSYS

У результаті дослідження отримана тривимірна скінченно-елементна модель фронтального відділу верхньої щелепи, яка візуалізована в програмі ANSYS. У роботі розглянуті дві біомеханічні системи: сегмент верхньої щелепи з декількома зубами і така ж система зі встановленим імплантатом, який замінює центральний різець.

Результати чисельних досліджень представлені у вигляді кольорових діаграм деформованої форми, сумарних переміщень, розподілу рівнів еквівалентної напруги в імплантаті, кортикальному і губчатому шарах кісткової тканини.

Модель «імплантат – кістка - незнімна ортопедична конструкція» дає можливість вивчити біомеханіку системи в проекції на різні площини, при різних розмірах імплантатів, та щільності кісткової тканини.

**Ключові слова:** верхня щелепа, біомеханічні системи, циліндричний внутрішньокістковий імплантат.

*Є. І. Семенов, Н. Г. Сур'янінов*

ГУ «Інститут стоматології АМН України»  
Одеський національний політехнічний університет

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРОНТАЛЬНОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ЗУБАМИ И ИСКУССТВЕННЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ (ВНУТРИКОСТНЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ИМПЛАНТАТ) В ПРОГРАММЕ ANSYS

В результате исследования получена трехмерная конечно-элементная модель фронтального отдела верхней челюсти, которая визуализирована в программе ANSYS. В работе рассмотрены две биомеханические системы: сегмент верхней челюсти с несколькими зубами и такая же система с установленным имплантом, замещающий центральный резец.

Результаты многочисленных исследований представлены в виде цветных диаграмм деформированной формы, суммарных перемещений, деления уровней эквивалентного напряжения в импланте, кортикально-му и губчатому слоях костной ткани.

Модель «имплант – кость - несъемная ортопедическая конструкция» дает возможность изучить биомеханику системы в проекции на разные плоскости, при разных размерах импланта и плотности костной ткани.

**Ключевые слова:** верхняя челюсть, биомеханическая система, цилиндрический внутрикостный имплантат.

*Є. І. Semionov, N. G. Surjaninov*

SE "the Institute of Dentistry of the AMS of Ukraine"  
Odessa National Polytechnic University

### THE MODELING OF THE FRONTAL PART OF UPPER JAW WITH TEETH AND ARTIFICIAL INCLUSION (INTRAOSTEAL CYLINDRICAL IMPLANT) IN THE PROGRAM ANSYS

As the result of the investigation the 3D finite-element model of the frontal part of upper jaw, visualized in the program ANSYS, was obtained. Two biomechanic systems were considered in the work: the segment of upper jaw with a few teeth and the same system with implant instead of central incisor.

The results of multiple studies are presented in colorful diagrams of deformed shape, summary shifts, divisions of the levels of equivalent tension in implant, cortical and spongy layers of osseous tissue.

The model “implant – tissue - fixed orthopedic construction” gives the opportunity to study the biomechanics of the system in the projection onto different planes, at different sizes of implants and density of osseous tissue.

**Key words:** upper jaw, biomechanical system, intraosteal cylindrical implant.

**Актуальність теми.** Комп’ютерне моделювання зубощелепних систем в останні роки набуває все більшої чинності, як метод, який дозволяє прогнозувати вплив незнімних ортопедичних конструкцій фіксованих на циліндричних внутрішньокістковий імплантатах на кісткову тканину щелеп при функціональному навантаженні [4, 5].

Це є дуже актуальними при з’ясуванні плану хірургічного втручання при встановленні внутрішньокістковий частини циліндричного імплантату, та виборі ортопедичної конструкції на нього в залежності від індивідуальних особливостей кісткової тканини щелеп [6].

Метод скінчених елементів (МСЕ) давно застосовується при розрахунку об’єктів, складених з декількох областей з різними фізико-механічними властивостями матеріалів, складної конструкції [1-3]. Таким об’єктом являється зу-

бощелепна система із штучними включеннями (внутрішньокістковими циліндричними імплантатами).

Цей метод насамперед залучає можливість двох – і тривимірному аналізу напружено-деформованого стану (НДС) системи кісткова тканина щелеп – внутрішньокістковий імплантат – незнімна ортопедична конструкція.

Довгий час використання методу скінчених елементів в стоматології стримувало можливість обчислюваної техніки та програмного забезпечення.

Не один із використовуваних раніше програмних комплексів не володіє такими можливостями моделювання та апроксимації які мають сучасні пакети кінечноелементного аналізу. Безпосереднім лідером цих програм є комплекс ANSYS, тому він і був вибраний нами для моделювання двох біомеханічних систем сегмент фронтальної ділянки верхньої щелепи з декількома зубами й тією ж системою зі штучними включеннями (внутрішньокістковий циліндричний імплантат що замінює центральний різець з незнімною ортопедичною конструкцією по ньому). Побудована комп’ютерна модель двох біомеханічних моделей необхідна нам для подальшого аналізу напружено-деформованого стану

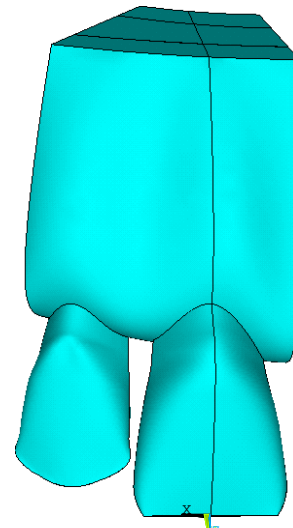
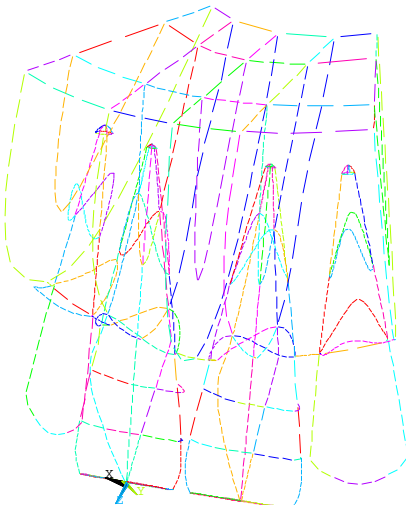


Рис. 1. Каркас та фрагмент моделі

(НДС) цих систем, що необхідно для планування лікування пацієнтів за допомогою внутрішньокісткових циліндричних імплантатів з подальшим виготовленням ортопедичної конструкції на них.

**Ціль роботи.** Ціллю нашої роботи є побудова моделей двох біомеханічних систем: сегмент фронтальної ділянки верхньої щелепи з декількома зубами й тією же системи зі штучними

включеннями (внутрішньокістковий циліндричний імплантат), який замінює центральний різець для вивчення напружено-деформованого стану (НДС) цих систем, що необхідно для планування лікування пацієнтів за допомогою внутрішньокістковий циліндричних імплантатів з подальшим виготовленням ортопедичної конструкції на них, в залежності від індивідуальних особливостей кісткової тканини.

**Матеріали та методи.** У роботі розглянуті дві біомеханічні системи: сегмент фронтальної ділянки верхньої щелепи з декількома зубами й тією же системою зі штучними вклученнями (внутрішньо кістковий циліндричний імплантат, встановлений замість центрального різця верхньої щелепи).

Тривимірні скінченно-елементні моделі містять у собі об'єми дентину, кортикальної й губчатої кістки, і імплантату. Усереднені розміри елементів і механічних параметрів узяті з довідкової літератури.

При моделюванні зубів і фрагмента кістки верхньої щелепи допускалися деякі спрощення. Операцію моделювання спрощує симетрична, відносно сагітальної площини, геометрія зуба. Геометрія фрагмента кістки й зубів задана набором поперечних перерізів у вигляді еліпсоподібних сплайн-апроксимацій зі змінними по висоті розмірами і розташуванням центрів. Останнє дозволяє врахувати її невеликий вигин із фронтальної площини й утворити на піднебінній поверхні йямку. Спочатку був створений каркас, що складався з направляючих ліній (рис. 1). Потім на каркас накладалися поверхні, які в наслідку заповнювалися об'ємом. Практично всі лінії каркаса являються сплайнами.

Завдяки симетрії побудова виконується для половини моделі (рис. 1), потім створений фрагмент симетрично відображається. Корінь зуба прийнятий у вигляді витягнутого еліпсоїда обертання.

Умови закріплення задані у вигляді жорсткого защемлення опорної частини кістки. Навантаження 200 Н прикладене до центрального різця в області піднебінної ямки під кутом 135 градусів що відповідає нормогнатії (рис. 2).

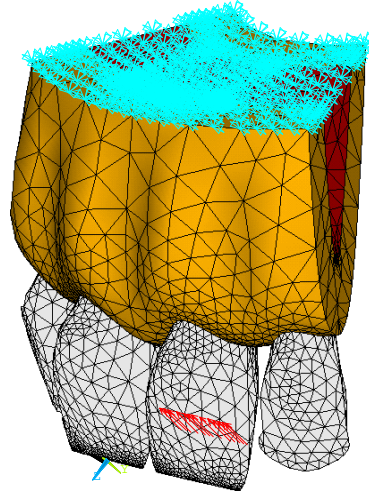


Рис. 2. Скінченно-елементна модель із зовнішнім навантаженням

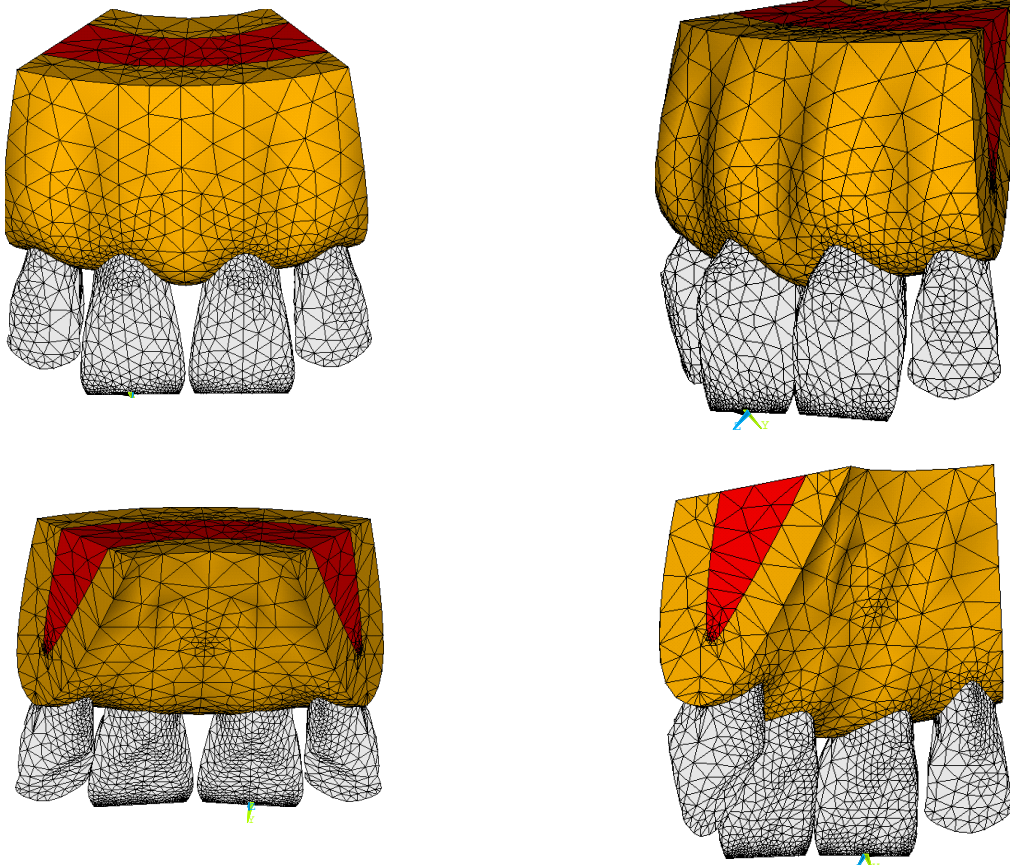


Рис. 3. Скінченно-елементна модель

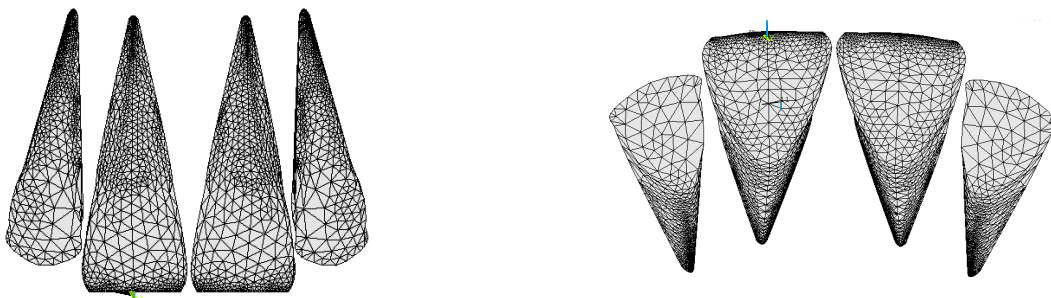


Рис. 4. Модель верхніх передніх зубів

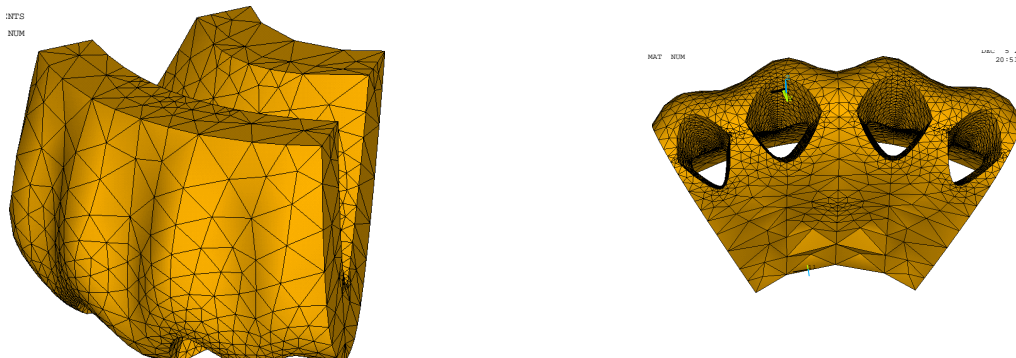


Рис. 5. Кортикальна кістка

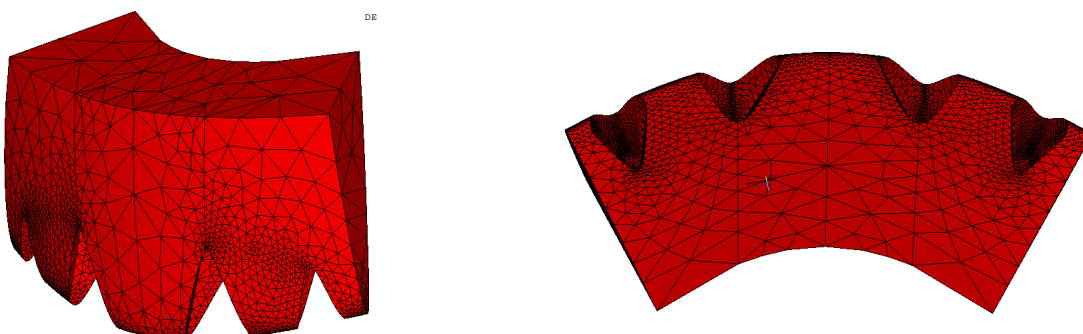


Рис. 6. Губчата кістка

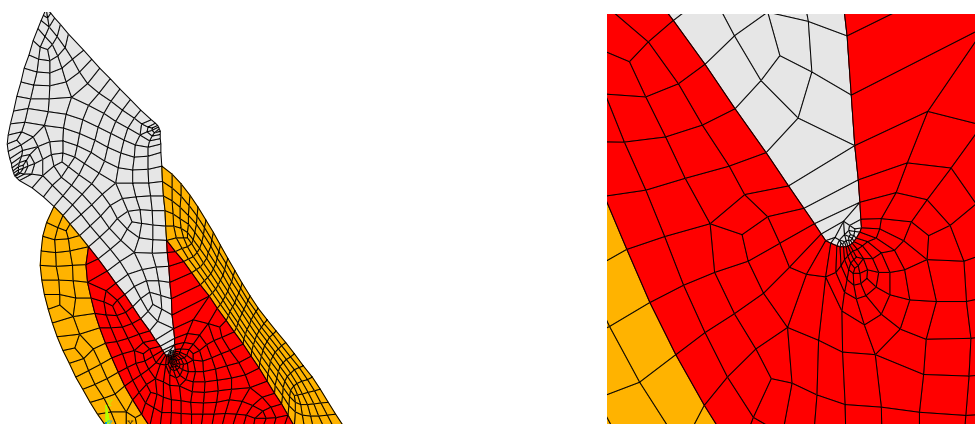


Рис. 7. Скінченно-елементна модель навантаженої ділянки в розрізі



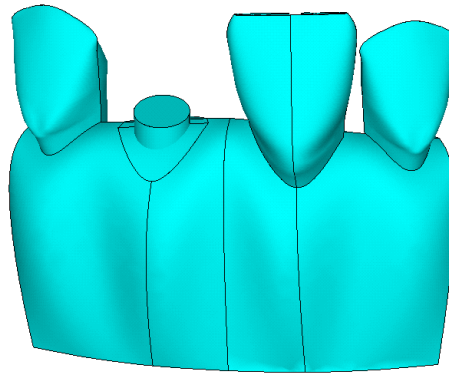


Рис. 8. Модель зубощелепної системи зі штучними включеннями

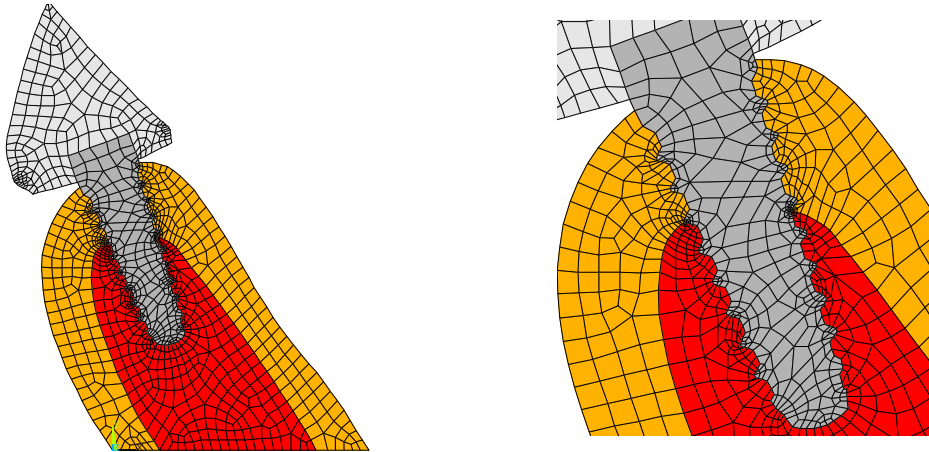


Рис. 9. Скінченно-елементна модель із імплантатом у розрізі

Таблиця  
Фізико-механічні характеристики структурної  
складової скінченно-елементної моделі  
фрагмента верхньої щелепи

Матеріал	Модуль пружності E, МПа	Коефіцієнт Пуассона	Межа міцності $\sigma_B$ , МПа
Дентин	$2,0 \cdot 10^3$	0,3	100,0
Кортикальний шар кістки	$2,0 \cdot 10^4$	0,3	45,0
Губчата кістка	$5,0 \cdot 10^3$	0,3	15,0
Імплантат	$1,1 \cdot 10^5$	0,35	800,0

Відповідно до літературних даних механічні властивості компонентів моделі (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, межа міцності) прийняті рівними величинам, наведеним у табл.

Для апроксимації обраний 20-ти вузловий елемент, що являє собою об'ємний шестигранник. Цей елемент використовується при нерегулярній розбивці сітки, добре підтримує елементи виродженої форми: чотиригранні, призматичні, пірамідальні.

Готова модель (рис. 3) складається із трьох компонентів, яким привласнені відповідні властивості матеріалів: зуби (рис. 4), кортикальна кістка (рис. 5) і губчата кістка (рис. 6). На рис. 7.

показано скінченно-елементну модель навантаженої ділянки в розрізі.

При створенні моделі сегмента щелепи із зубами й штучними включеннями з готової моделі виключається «розрахунковий» центральний різець, потім моделюється імплантат (рис. 8).

Штучний зуб у цій системі, моделюється тільки для передачі навантаження (рис. 9).

**Висновки.** Нами була побудована модель двох біомеханічних систем: сегмент щелепи фронтальному відділу верхньої щелепи й тією ж системою зі штучними включеннями (внутрішньокістковий циліндричний імплантат), який замінює центральний різець. Модель «кісткова тканина щелеп – імплантат – незнімна ортопедична конструкція» дає можливість вивчити біомеханіку системи при різних розмірах імплантатів, щільності кісткової тканини, напрямлення та сили навантаження. Ця модель дозволяє за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) визначити параметри необхідного внутрішньокісткового імплантата (довжину та ширину) при заміні центрального різця верхньої щелепи в залежності від індивідуальної особливості кісткової тканини.

**Список літератури**

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов / Р. Галлагер; [пер. с англ. В. Картелишвили]. — Москва: Мир, 1984. — 428 с.

2. **Сегерлинд Л.** Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд [пер. с англ. А. Шестакова] — Москва: Мир, 1979. — 392 с.
3. **Сурьянинов Н. Г.** ANSYS в задачах инженерной механики / Сурьянинов Н. Г., Дашенко А.Ф., Лазарева Д.В. [под редакцией Н.Г. Сурьянинова].— Одесса: Астропринт, 2007.— 484 с.
4. **Матвеева А. И.** Стоматологическая имплантология / Матвеева А. И., Гаврюшин С. С., Борисов А. Г. — Москва: Стоматология XXI века, 2000. — 63 с.
5. **Матвеева А. И.** Использование математического моделирования при проектировании протезных конструкций с опорой на внутрикостные имплантаты / А.И. Матвеева, С. С. Гаврюшин, А. Г. Борисов // Российский вестник дентальной имплантологии. 2003. - № 1. — С. 10-13.
6. **Матвеева А. И.** Биохимические подходы к протезированию в дентальной имплантологии / А. И. Матвеева, Р. Ш. Гветадзе, К. Д. Хагидзе // Российский вестник дентальной имплантологии. 2003. - № 1. — С. 34-37.

Надійшла 10.02.11.

